

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-171491

(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl.

G01R 15/18  
G01R 15/20  
G01R 19/00  
// H01L 25/07  
H01L 25/18

(21)Application number : 10-344360

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 03.12.1998

(72)Inventor : OI TAKESHI  
MUTO HIROTAKA  
KIKUNAGA TOSHIYUKI  
TAKAHASHI MITSUGI  
KINOUCHI SHINICHI  
HORIGUCHI GOJI  
USUI OSAMU  
OKUDA TATSUYA

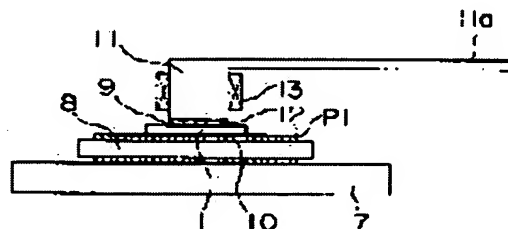
## (54) POWER SEMICONDUCTOR MODULE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the current detecting accuracy of a current sensor installed to a conductive member by controlling the gate voltage of a power semiconductor chip in accordance with the output level of the detecting signal of the sensor.

SOLUTION: A power semiconductor chip (IGBT) 1 mounted on an insulating substrate 8 carries an emitter electrode 9 on its upper surface and a collector electrode 10 formed on the lower surface of the chip 1 is electrically connected to a thin metallic sheet P1 on the substrate 8 with solder, etc. In addition, a current sensor 13 is installed to the wiring electrode 11 of a conductive member which functions as a bus bar 11a (main circuit member) and one end of the electrode 11 is electrically connected to the emitter electrode 9 with a conductive resin 12. The current sensor 13 composed of a Rogowskii coil is formed in an annular shape around the wiring electrode 11 passed through the doughnut-like torus of the sensor 13 and detects the current

flowing through the electrode 11. A control circuit inputs the current detecting signal of the sensor 13 and controls the gate voltage of the IGBT 1 in accordance with the output level of the detecting signal. Therefore, the sensor 13 is not affected by noise and no space is required for the installation of the sensor 13.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-171491

(P2000-171491A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000. 6. 23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 1 R 15/18		G 0 1 R 15/02	G 2 G 0 2 5
15/20		19/00	B 2 G 0 3 5
19/00		15/02	B
// H 0 1 L 25/07		H 0 1 L 25/04	C
25/18			

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-344360

(22) 出願日 平成10年12月3日 (1998. 12. 3)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 大井 健史

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 武藤 浩隆

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100057874

弁理士 曾我 道照 (外6名)

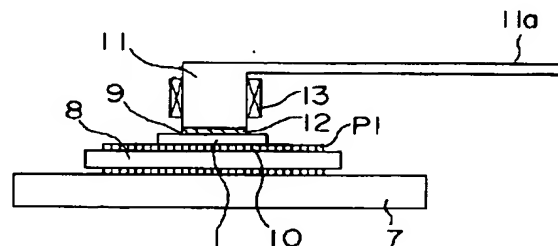
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワー半導体モジュール

(57) 【要約】

【課題】 電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールを得る。

【解決手段】 モジュールケース内に収納されたパワー半導体チップ1は、導電性樹脂12を介して電氣的に接続された複数の導電性部材9、11と、導電性部材の少なくとも1つに設けられた電流センサ13と、電流センサの検出信号の出力レベルに応じて、パワー半導体チップのゲート電圧を制御する制御回路とを備えた。



- |            |              |
|------------|--------------|
| 1: IGBT    | 11: 配線電極     |
| 7: 放熱用ベース板 | 12: 導電性樹脂    |
| 8: 絶縁基板    | 13: 電流センサ    |
| 9: エミッタ電極  | PI: コレクタバターン |
| 10: コレクタ電極 |              |

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 モジュールケース内にパワー半導体チップが収納されたパワー半導体モジュールにおいて、導電性樹脂を介して電氣的に接続された複数の導電性部材と、前記導電性部材の少なくとも 1 つに設けられた電流センサと、前記電流センサの検出信号の出力レベルに応じて、前記パワー半導体チップのゲート電圧を制御する制御回路とを備えたことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項 2】 前記電流センサは、トロイダル巻線からなるコイルを含み、前記コイルは、前記電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように環状に形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 3】 前記コイルの内部には、前記トロイダル巻線に沿って形成された環状の磁性体が配置されたことを特徴とする請求項 2 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 4】 前記磁性体には、少なくとも 1 つのギャップが形成されたことを特徴とする請求項 3 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 5】 前記パワー半導体チップを載置するためのベース板と、前記ベース板に載置されたゲート基板とを備え、前記ゲート基板は、前記パワー半導体チップのゲート電極を前記制御回路に導出するための第 1 の回路パターンと、前記電流センサの出力線を前記制御回路に導出するための第 2 の回路パターンとを有することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 6】 前記パワー半導体チップを制御する制御回路は、前記ゲート基板上に配設されるとともに、制御用ピンを介して前記第 1 の回路パターンに導通され、検出用ピンを介して前記第 2 の回路パターンに導通され、前記第 2 の回路パターンを介して前記電流センサの検出信号を取り込み、前記第 1 の回路パターンを介して前記パワー半導体チップのゲート電極に制御信号を印加することを特徴とする請求項 5 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 7】 前記電流センサは、少なくとも 1 つのギャップを有する環状の磁性体と、前記ギャップに配設されたホール素子とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 8】 前記電流センサが設けられた導電性部材には、前記電流センサを保持するための位置決め部が設

けられたことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 までのいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 9】 前記位置決め部は、前記電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように形成された環状のフランジ部により構成されたことを特徴とする請求項 8 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 10】 前記位置決め部は、前記電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように形成された環状の溝部により構成されたことを特徴とする請求項 8 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 11】 前記電流センサが設けられた導電性部材には、絶縁膜を介してワイヤボンディング用パッドが設けられ、前記ワイヤボンディング用パッドには、前記電流センサの出力線がワイヤボンディングにより接続され、前記電流センサの検出信号は、前記出力線から前記ワイヤボンディング用パッドを介して導出されることを特徴とする請求項 1 から請求項 10 までのいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 12】 前記電流センサが設けられた導電性部材には、前記電流センサの出力回路が設けられたことを特徴とする請求項 1 から請求項 11 までのいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 13】 前記電流センサが設けられた導電性部材は、前記導電性樹脂を介して、前記パワー半導体チップのエミッタ電極に一体的に構成されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 12 までのいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 14】 前記モジュールケースは、並列回路からなる複数のパワー半導体チップを収納しており、前記複数のパワー半導体チップのうちの少なくとも 1 つには、磁性体を含む電磁結合形の電流センサが設けられ、前記電流センサが設けられたパワー半導体チップ以外のパワー半導体チップには、前記電流センサの磁性体と同一の材料からなる磁性体が配置されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 13 までのいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 15】 前記パワー半導体チップは、IGBT チップにより構成されたことを特徴とする請求項 1 から 14 までのいずれかに記載のパワー半導体モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、電力変換装置などに用いられる IGBT（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）を含むパワー半導体モジュールに関し、特に高精度に電流を検出して過電流による素子破壊から保護可能なパワー半導体モジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、モータなどの電気機器の駆動

10

20

30

40

50

電流を制御するためには、半導体からなる電力変換装置が用いられており、この種の電力変換装置としては、たとえばIGBTを含むパワー半導体モジュールが用いられている。

【0003】また、一般に、パワー半導体モジュールには電流センサが設けられており、過電流が検出された場合には、IGBTをオフして過電流による破壊を防止するようになっている。

【0004】このような電流センサ付きのパワー半導体（IGBT）モジュールは、たとえば雑誌「トランジスタ技術」に記載された「特集、実践パワー・エレクトロニクス入門」（No. 54、第8章）の「電力制御用インテリジェント・パワー・デバイスの使い方」（由宇義珍、古家敏幸、ゴーラブ・マジュムダール、森敏）に示されている。

【0005】以下、図15を参照しながら、電流センサからなる過電流検出回路が設けられた従来のパワー半導体モジュールについて説明する。図15は従来の電流センサ付きのパワー半導体モジュールを簡略化して示す回路構成図である。

【0006】ここでは、電流センサ付きのパワー半導体モジュールの代表例として、IPM（インテリジェント・パワー・モジュール）を例にとって説明する。通常、IPMは、電流センサのほかに温度センサを備えており、モジュール内部に組み込まれた制御基板内の保護回路により、電流異常または温度異常の発生時にモジュールを保護する機能を有する。

【0007】図15において、1はパワー半導体モジュールのケース（図示せず）内に配置されたNPN形のIGBTである。1aおよび1bはIGBT1の出力端子であり、それぞれ、IGBT1のコレクタおよびエミッタに設けられている。

【0008】各出力端子1aおよび1bは、たとえば、駆動対象となるモータ（図示せず）などに接続されており、IGBT1は、出力端子1aおよび1bを介して大電流を供給している。このため、IGBT1は、多数の並列セルにより構成され得る。

【0009】2はIGBT1のコレクタとエミッタとの間に挿入されたダイオードであり、図に示すように、カソードがIGBT1のコレクタに接続され、アノードがIGBT1のエミッタに接続されている。IGBT1およびダイオード2は、前述のように、並列に複数個接続され得る。

【0010】3はIGBT1のゲートに接続されたゲート抵抗器である。4はIGBT1のオンオフを制御する制御回路であり、ゲート抵抗器3を介してIGBT1のゲートに制御信号Gを印加する。

【0011】5はIGBT1のチップ上に形成された電流検出用の微小パターンであり、IGBT1のエミッタに並列に配設されることにより、IGBT1の主コレク

タ電流の一部を、 $1/1000 \sim 1/20000$ 程度の変流比で導出する。

【0012】6は微小パターン5に接続された電流検出用のシャント抵抗器であり、微小パターン5を介して導出された電流を、シャント抵抗器6の両端電圧値として測定する。

【0013】シャント抵抗器6の両端電圧値は、IGBT1に流れる主コレクタ電流の電流検出信号icとして、制御回路4に入力される。これにより、制御回路4は、たとえば、電流検出信号icが過電流を示すときには、IGBT1をOFFするための制御信号Gを出力して、IGBT1の保護動作を行う。

【0014】しかしながら、図15のように、IGBT1のチップ上の微小パターン5を介して、 $1/1000 \sim 1/20000$ の微小な変流比で導出された電流から電流検出信号icを検出する場合には、電流検出信号icの測定精度に限界があるので、過電流判定用の設定値に或る程度のマージンを設定しなければならない。

【0015】したがって、過電流判定の信頼性を十分に確保することができず、IGBT1を十分に保護することもできない。また、上述のように、電流検出用のシャント抵抗器6を用いた場合、シャント抵抗器6において無駄な電力消費や発熱などの不都合が発生する。

【0016】また、図示しないが、CT（カレント・トランスフォーマ）などの電磁結合形の電流検出器を用いた場合には、IGBT1のチップ上でのワイヤボンディング空間を確保するために電流センサそのものが大形化することから、設置スペースの問題による設計的制約を招くうえ、主回路電圧および電流の変化によるノイズの影響が大きくなる。

【0017】すなわち、一般に、IGBT1のエミッタ電極面と主回路（たとえば、モータ側の回路）との接続は、ワイヤボンディングによって行われているが、電流センサとして、IGBT1のエミッタ上にCTを配置すると、CTの占有面積によりワイヤをボンディング可能な面積が小さくなる。

【0018】したがって、主回路電流に応じた所定本数のワイヤをボンディングすることができなくなり、ワイヤの電流密度が大きくなってしまふ。また、CTのコイルとコレクタ電位との間を電氣的に絶縁するために、特別な構造が必要となる。以上の理由から、IGBT1上にCTを設置することは実質的に困難であり、別の設置場所が必要となる。

【0019】さらに、ワイヤボンディングに代わる他の電気接続方法として、ハンダ付けが考えられるが、通常、IGBT1やダイオード2などの半導体チップの上面電極は、アルミニウムを主成分とした金属膜で構成されていることから、通常の方法でIGBT1（パワー半導体）のチップの上面電極と配線電極とをハンダ付けすることは実質的に困難である。

10

20

30

40

50

【0020】したがって、特別なパワー半導体チップが必要となるか、または、特別なハンダ付けプロセスが必要となってしまふ。また、ハンダ付けのプロセスにおいては、主回路に接続される配線電極およびCTが高温になるので、CTに使用される材料として耐熱性に優れたものを使用しなければならず、コストアップにつながることになる。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】従来のパワー半導体モジュールは以上のように、IGBT1の電流センサとして、IGBTチップに接続された微小パターン5と、微小パターン5に接続されたシャント抵抗器6とを用いているので、電流検出信号icの出力レベルが小さいことから十分な検出精度が得られず、IGBT1の保護機能の信頼性が低下するうえ、シャント抵抗器6での消費電力の増大により発熱するという問題点があった。

【0022】また、CTなどの電流検出器を用いた場合には、設置スペースの確保が難しくなり設計上の制約を受けるうえ、主回路電圧および電流の変化によってノイズの影響を受けるという問題点があった。

【0023】さらに、電流センサとしてCTを用い、IGBT1のチップ上においてワイヤボンディングに代えて、ハンダ付けで電氣的接続を得ようとしても、実質的にハンダ付けが不可能となるうえ、ハンダ付けプロセスにおける耐熱性を確保するためにコストアップを招くという問題点があった。

【0024】この発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールを得ることを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】この発明の請求項1に係るパワー半導体モジュールは、モジュールケース内にパワー半導体チップが収納されたパワー半導体モジュールにおいて、導電性樹脂を介して電氣的に接続された複数の導電性部材と、導電性部材の少なくとも1つに設けられた電流センサと、電流センサの検出信号の出力レベルに応じて、パワー半導体チップのゲート電圧を制御する制御回路とを備えたものである。

【0026】また、この発明の請求項2に係るパワー半導体モジュールは、請求項1において、電流センサは、トロイダル巻線からなるコイルを含み、コイルは、電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように環状に形成されたものである。

【0027】また、この発明の請求項3に係るパワー半導体モジュールは、請求項2において、コイルの内部には、トロイダル巻線に沿って形成された環状の磁性体が配置されたものである。

【0028】また、この発明の請求項4に係るパワー半導体モジュールは、請求項3において、磁性体には、少

なくとも1つのギャップが形成されたものである。

【0029】また、この発明の請求項5に係るパワー半導体モジュールは、請求項1から請求項4までのいずれかにおいて、パワー半導体チップを載置するためのベース板と、ベース板に載置されたゲート基板とを備え、ゲート基板は、パワー半導体チップのゲート電極を制御回路に導出するための第1の回路パターンと、電流センサの出力線を制御回路に導出するための第2の回路パターンとを有するものである。

【0030】また、この発明の請求項6に係るパワー半導体モジュールは、請求項5において、パワー半導体チップを制御する制御回路は、ゲート基板上に配設されるとともに、制御用ピンを介して第1の回路パターンに導通され、検出用ピンを介して第2の回路パターンに導通され、第2の回路パターンを介して電流センサの検出信号を取り込み、第1の回路パターンを介してパワー半導体チップのゲート電極に制御信号を印加するものである。

【0031】また、この発明の請求項7に係るパワー半導体モジュールは、請求項1において、電流センサは、少なくとも1つのギャップを有する環状の磁性体と、ギャップに配設されたホール素子とを含むものである。

【0032】また、この発明の請求項8に係るパワー半導体モジュールは、請求項1から請求項7までのいずれかにおいて、電流センサが設けられた導電性部材には、電流センサを保持するための位置決め部が設けられたものである。

【0033】また、この発明の請求項9に係るパワー半導体モジュールは、請求項8において、位置決め部は、電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように形成された環状のフランジ部により構成されたものである。

【0034】また、この発明の請求項10に係るパワー半導体モジュールは、請求項8において、位置決め部は、電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように形成された環状の溝部により構成されたものである。

【0035】また、この発明の請求項11に係るパワー半導体モジュールは、請求項1から請求項10までのいずれかにおいて、電流センサが設けられた導電性部材には、絶縁膜を介してワイヤボンディング用パッドが設けられ、ワイヤボンディング用パッドには、電流センサの出力線がワイヤボンディングにより接続され、電流センサの検出信号は、出力線からワイヤボンディング用パッドを介して導出されるものである。

【0036】また、この発明の請求項12に係るパワー半導体モジュールは、請求項1から請求項11までのいずれかにおいて、電流センサが設けられた導電性部材には、電流センサの出力回路が設けられたものである。

【0037】また、この発明の請求項13に係るパワー

10

20

30

40

50

半導体モジュールは、請求項1から請求項12までのいずれかにおいて、電流センサが設けられた導電性部材は、導電性樹脂を介して、パワー半導体チップのエミッタ電極に一体的に構成されたものである。

【0038】また、この発明の請求項14に係るパワー半導体モジュールは、請求項1から請求項13までのいずれかにおいて、モジュールケースは、並列回路からなる複数のパワー半導体チップを収納しており、複数のパワー半導体チップのうちの少なくとも1つには、磁性体を含む電磁結合形の電流センサが設けられ、電流センサが設けられたパワー半導体チップ以外のパワー半導体チップには、電流センサの磁性体と同一の材料からなる磁性体が配置されたものである。

【0039】また、この発明の請求項15に係るパワー半導体モジュールは、請求項1から請求項14までのいずれかにおいて、パワー半導体チップは、IGBTチップにより構成されたものである。

【0040】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 以下、この発明の実施の形態1を図について説明する。ここでは、前述と同様に、パワー半導体チップとしてIGBTチップを用いたパワー半導体モジュールの場合を例にとって説明する。

【0041】図1はこの発明の実施の形態1の主要部を示す側断面図であり、図2は図1内の電流センサ部を拡大して示す平面図および側断面図である。図1において、1は前述(図15参照)と同様のIGBTである。なお、図1においては、IGBT1のゲート電極および制御回路が省略されている。

【0042】7は放熱用ベース板であり、放熱性のよいアルミニウムや銅などの金属により構成されている。8はハンダ付けなどにより放熱用ベース板7上に固着された絶縁基板であり、両面に銅などの金属薄板パターンが接着されたセラミックス(アルミナや窒化アルミニウムなど)により構成され、上面にIGBT1が搭載されている。

【0043】IGBT1は、その上面においてエミッタ電極9を形成しており、その下面においてコレクタ電極10を形成している。コレクタ電極10は、ハンダなどの導電性材料(図示せず)により絶縁基板8上の金属薄板P1(以下、「コレクタパターン」と称する)に対して電気的に接続されている。

【0044】11は前述の出力端子1aに対応した配線電極であり、アルミニウムや銅などの金属材料からなり、主回路の主要部をなすブスバー11aに対して電気的に接続されている。配線電極11は、図1のように、ブスバー11aと一体的に構成されていてもよい。

【0045】12はIGBT1と配線電極11とを電気的に接続する導電性樹脂であり、配線電極11の一端とIGBT1のエミッタ電極9との間に介在されている。

ここで用いられる導電性樹脂12としては、たとえば、マトリクス材料としてエポキシ樹脂を用い、充填材として銀を用いたものが使用可能であるが、マトリクス材および充填材ともにこの材料に限定されることはない。

【0046】13は配線電極11に設けられたコイル形の電流センサである。電流センサ13に用いられるコイルとしては、ロゴスキーコイルまたはCT(カレントトランスフォーマ)形のコイルなどがあるが、ここでは、ロゴスキーコイルのようなトロイダル巻きされた空芯コイルを用いた場合を示す。

【0047】ロゴスキーコイルからなる電流センサ13は、ドーナツ形状のトーラス内部に配線電極11が貫通するように配置されている。したがって、トロイダル巻線からなる電流センサ13のコイルは、配線電極11に流れる電流を囲むように環状に形成されている。配線電極11と電流センサ13との間は、樹脂などで固定されていてもよい。

【0048】図1のように、ブスバー11a(主回路部材)として機能する配線電極11の一部には、電流センサ13(トロイダルコイル)が設けられ、配線電極11の一端とエミッタ電極9との間は、導電性樹脂12を介して電気的に接続される。

【0049】すなわち、IGBT1(パワー半導体)のチップにおいて、エミッタ電極9および配線電極11(導電性部材)は、導電性樹脂12を介して電気的に接続され、電流センサ13は、配線電極11(導電性部材)の少なくとも1つに設けられている。

【0050】電流センサ13の検出信号は、制御回路4(図15参照)に入力され、制御回路4は、電流センサ13の検出信号の出力レベルに応じて、パワー半導体チップのゲート電圧を制御する。

【0051】図2はロゴスキーコイルからなる電流センサ13の基本的な構造を概略的に示しており、(a)は電流センサ13を出力回路とともに示す平面図、(b)は電流センサ13の側断面図である。

【0052】図2において、icおよび4は前述と同様の電流検出信号および制御回路である。前述と同様に、電流センサ13から得られる電流検出信号icは制御回路4に入力され、制御回路4は、電流センサ13からの電流検出信号icの出力レベルに応じて、IGBT1のゲート電圧を制御して過電流を防止する。

【0053】iは配線電極11に流れる電流、14はトロイダル巻きされた電流センサ13のコイル巻線であり、電流iは、電流センサ13のコイル巻線14により、電磁誘導によって検出される。

【0054】15は電流センサ13の出力回路、16は出力回路15内に設けられた抵抗器である。抵抗器16は、コイル巻線14の両端間に挿入されており、抵抗器16の両端電圧は、電流検出信号icとして制御回路4に入力される。

【0055】通常、電流センサ13のコイル巻線14の内部は、非磁性材料（図示せず）によって満たされており、これにより、電流センサ13（ロゴスキーコイル）は、磁性体を用いた電流センサの場合と比較して、磁気飽和しないという長所を有している。

【0056】なお、配線電極11に流れる電流*i*は、ドーナツ形状の電流センサ13のトーラス中心を貫通しているが、必ずしも中心を貫通する必要はない。また、ロゴスキーコイルの原理については、種々の文献や電磁気学のテキストに記載されているので、ここではその詳細な説明は省略する。

【0057】さらに、電流検出信号*i*cを生成するための出力回路15を、抵抗器16のみにより構成したが、電流センサ13および電流検出信号*i*cの要求仕様に応じて他の回路構成を用いてもよい。

【0058】たとえば、コイル巻線14の両端には、トーラス内部を貫通する電流*i*が作る磁束の時間変化に応じて電圧が発生するが、このとき、ロゴスキーコイルの内部に非磁性媒質が満たされているので、電流センサ13の自己インダクタンスが小さい。

【0059】したがって、電流センサ13の出力信号は、配線電極11を流れる主回路電流*i*の低周波成分に対して微分波形となるので、所望の主回路電流波形を得るためには、電流センサ13の出力電圧を積分する必要がある。この場合、出力回路15は、積分器で構成されることになる。

【0060】しかし、検出対象が電流*i*の高周波成分のみの場合には、積分を必要としないので、図2(a)のように、出力回路15としては、電流センサ13の出力端子間に抵抗器16を設けるのみでよい。

【0061】図1において、エミッタ電極9と配線電極11との間の電氣的接続に用いられる導電性樹脂12は、周知のように、アルミニウムのみならず多くの金属材料との接着性に優れている。

【0062】したがって、IGBT1のエミッタ電極9の上面と配線電極11とを導電性樹脂12で接合した場合、十分な電氣的特性を確保できるうえ、ハンダに比べて低温プロセスが可能なので、電流センサ13に使用可能な材料の選択肢を広げることができる。

【0063】また、IGBT1と配線電極11とを、ワイヤボンディングではなく導電性樹脂12を介して導通したので、IGBT1に流れる電流を分流することなく、配線電極11に配設された電流センサ13を介して直接検出することができる。

【0064】すなわち、IGBT1のエミッタ電極9の上面に導電性樹脂12を介して配線電極11を接続し、配線電極11に電流センサ13を配置することにより、従来（図15参照）の微小パターン5を含むセンスチップを用いた電流検出方法に比べて、非常に大きな電流を測定することができる。

【0065】したがって、ノイズが少なく出力レベルの大きい電流検出信号*i*cが得られ、高精度な測定が可能となるので、IGBT1の過電流を高い信頼性で検出することができ、過電流からのIGBT1の保護動作も確実に行うことができる。

【0066】また、IGBT1のエミッタ電極9の上面側に電流センサ13を配置することにより、特別な絶縁対策が不要となるうえ、コレクタ・エミッタ間の電圧変化の影響を受けにくい構造となるので、ノイズ対策が不要となる。

【0067】また、電流センサ13が設けられる導電性部材として配線電極11を選択し、導電性樹脂12を介して配線電極11に接続される導電性部材としてIGBT1のエミッタ電極9を選択し、エミッタ電極9の上面において配線電極11およびIGBT1を一体的に構成したので、レベルが大きくノイズの少ないセンサ出力を得ることができる。

【0068】なぜなら、エミッタ電極9は、一般に制御回路4のグランド端子として用いられるので、エミッタ電極9上の配線電極11から取得されるセンサ出力には、ノイズが重畳されにくいからである。

【0069】また、ここでは、1つのIGBT1のチップに1つの配線電極11が接続される場合を示したが、IGBT1および配線電極11は1つに限定されるものではなく、複数個接続されていてもよい。この場合、電流センサ13は、複数の配線電極11のうちの1つまたは複数個に設けることができ、前述と同様に、十分な精度の電流計測が可能となる。

【0070】実施の形態2. なお、上記実施の形態1では、パワー半導体モジュールのうちのIGBT1の周辺部の接続関係のみに注目し、図1のように、配線電極11をブスバー11aと一体化した場合を示したが、ワイヤボンディングにより配線電極11とブスバーとを電氣的に接続してもよい。

【0071】図3はワイヤを介して配線電極11とブスバーとを電氣的に接続したこの発明の実施の形態2を示す側断面図であり、前述（図1参照）と同様の構成部分については、同一符号を付して詳述を省略する。

【0072】図3において、18は主回路となるエミッタブスバー、19は放熱用ベース板7上にハンダ付けなどにより固着された中継基板、P2は中継基板19上の回路パターンである。エミッタブスバー18は、ハンダ付けなどにより、中継基板19の回路パターンP2上に立設されている。

【0073】20は主回路用ワイヤであり、配線電極11の上面と回路パターンP2との間に設けられており、配線電極11とエミッタブスバー18とを電氣的に接続している。

【0074】21は主回路となるコレクタブスバーであり、ハンダ付けなどにより絶縁基板8のコレクタパター



ンP1上に立設されており、IGBT1のコレクタ電極に電氣的に接続されている。

【0075】22はIGBT1のゲート電極に接続されるゲート基板であり、中継基板19の反対側に位置するように、放熱用ベース板7上にハンダなどを介して固着されている。

【0076】P3およびP4はゲート基板22上に分離配置された回路パターンである。23はゲート用ワイヤであり、IGBT1のゲート電極（図示せず）とゲート基板22上の回路パターンP3とを電氣的に接続している。

【0077】24は電流センサ13の出力線であり、ゲート基板22上の回路パターンP4に電氣的に接続されており、回路パターンP4を介して制御回路4（図15参照）に導出されている。

【0078】この場合、ブロック状に構成された配線電極11は、一端が導電性樹脂12を介してIGBT1のエミッタ電極9に接続され、他端が主回路用ワイヤ20を介してエミッタブスバー18に接続されている。電流センサ13は、前述と同様に、IGBT1のエミッタ電極9の上面側において配線電極11に設けられている。

【0079】なお、中継基板19およびゲート基板22の材質および構造としては、たとえばIGBT1（半導体チップ）をマウントする絶縁基板8の材質と同様に、両面に銅などの金属薄板パターンが接着された、アルミナまたは窒化アルミニウムなどのセラミックスからなる絶縁基板を使用することができる。

【0080】図3に示したこの発明の実施の形態2の場合においても、前述（図1参照）と同様に、電流センサ13がIGBT1の上面側に配置されているので、前述と同等の作用効果を奏する。

【0081】仮に、電流センサ13の配置位置として、IGBT1の上面側でなく、図3内の破線領域Aで示すコレクタパターンP1の上面側や、破線領域Bで示す中継基板19の上面側に設定すると、種々の問題が生じるおそれがある。

【0082】たとえば、電流センサ13を破線領域A（コレクタパターンP1上に）に配置した場合には、以下のような問題が生じる。

【0083】すなわち、電流センサ13の出力信号を受信する制御回路4は、IGBT1に対するゲートドライブ回路と同様に、エミッタ電位に近い電位設定になっているが、コレクタ・エミッタ間には高電圧が印加されるので、電流センサ13の絶縁対策が必要となる。

【0084】また、IGBT1のスイッチングにともない、コレクタ・エミッタ間の電圧が急激に変化することから、電流センサ13に変位電流が流れるので、この変位電流がノイズ源となって、電流センサ13の出力信号に誤差が発生してしまう。

【0085】一方、電流センサ13を破線領域B（中継

基板19上）に配置した場合には、以下のような問題が生じる。

【0086】すなわち、中継基板19の近傍および中継基板19からIGBT1に至る空間には、主回路電流による強い磁場が発生しており、しかも、この磁場がスイッチングにともなって急激に変化するので、電流センサ13の出力信号線にノイズが重畳する可能性が高く、電流センサ13のためのノイズ対策が別途必要となる。

【0087】しかし、前述（図1および図3参照）のように、導電性樹脂12を介した電氣的接続構成を用いることにより、電流センサ13をIGBT1上に配置することができるので、上記のような電流センサ13のためのノイズ対策は不要となる。

【0088】また、図3のように、電流センサ13の出力線24をゲート用ワイヤ23と同方向（ゲート配線側）に配置して、ゲート基板を22をセンサ出力基板として共用することにより、電流センサ13の出力信号がスイッチングノイズの影響を受けにくい構造となるので、電流センサ13のためのノイズ対策はさらに不要となる。

【0089】実施の形態3. なお、上記実施の形態1、2では、電流センサ13をトロイダル巻線からなる空芯コイル（ロゴスキーコイル）により構成したが、トロイダル巻線中に磁性体を介在させたCT形のコイルにより構成してもよい。

【0090】図4はCT形コイルを用いたこの発明の実施の形態3による電流センサ13を図式的に示す側断面図であり、平面形状および出力回路15は図2（a）に示した通りである。図5は図4に示した電流センサ13を配線電極11に装着した状態を示す側断面図である。

【0091】図4において、25は環状の磁性体であり、電流センサ13aのトロイダル巻線コイル内に沿って配設されている。すなわち、CTからなる電流センサ13は、環状の磁性体25の外周にトロイダル巻きされたコイルにより構成されている。

【0092】このように、電流センサ13のコイル内に磁性体25を配設することにより、コイルの自己インダクタンスが大きくなり、比較的広い周波数領域にわたって、主回路電流*i*に比例した出力信号を得ることができる。

【0093】したがって、電流センサ13のコイル出力端子に接続される出力回路15は、図2（a）のように、コイル両端に抵抗器16を接続した構成のみでよく、抵抗器16の両端間に発生する電圧は、主回路電流*i*に比例するように設定されるので、前述の積分器は不要となる。

【0094】また、ここでは、CT形コイル内の磁性体25を連続の環状に形成したが、任意位置に少なくとも1つのギャップ（図示せず）を設けてもよい。このようにギャップを設けることにより、磁性体25の磁気抵抗

が増加して、磁性体25の磁気飽和が発生しにくくなるので、電流センサ13の検出レンジを拡大することができる。

【0095】実施の形態4. なお、上記実施の形態1〜3では、電流センサ13が取り付けられる部分の配線電極11の形状について詳述しなかったが、配線電極11に電流センサ13の位置決め部を設けてもよい。

【0096】図6および図7は配線電極11に電流センサ13の位置決め部を設けたこの発明の実施の形態4の要部を示す側断面図であり、各図において、前述と同様の構成部分については、同一符号を付して詳述を省略する。

【0097】図6において、11Aは配線電極11に形成された段部であり、電流センサ13を取り付けるための位置決め部を構成している。同様に、図7において、11Bは配線電極11に形成されたフランジ部であり、電流センサ13を取り付けるための位置決め部を構成している。

【0098】図6および図7のように、電流センサ13を載置位置決めするための段部11Aまたはフランジ部11Bを設けることにより、電流センサ13の設置が容易になり、製造コストを軽減することができる。

【0099】また、図7のようにフランジ部11Bを形成した場合には、電流センサ13の外形を大きく設定することができるので、配線電極11とその上面に接続される主回路との接続面積を大きく取ることができる。

【0100】実施の形態5. なお、上記実施の形態4では、電流センサ13の位置決め部を段部11Aまたはフランジ部11Bにより構成したが、電流センサ13を収納可能な溝部により構成してもよい。

【0101】以下、電流センサ13の位置決め部を溝部により構成したこの発明の実施の形態5について説明する。図8はこの発明の実施の形態5によるパワー半導体モジュールの主要部を示す側断面図であり、電流センサ13の出力回路15などは省略されおり、また、前述と同様の構成要素には同一符号を付して詳述を省略する。

【0102】図8において、11Cは配線電極11の外周に沿って設けられた環状の溝部であり、その内部に電流センサ13が破線矢印のように収納され、電流センサ13を位置決めするようになっている。

【0103】図8のように、電流センサ13の位置決め部を溝部11Cで構成することにより、電流センサ13の周囲を包囲する溝部11Cの一部は、電流センサ13に対してシールドとして機能する。

【0104】したがって、電流センサ13のコレクタ・エミッタ間の電圧変化のみでなく、電流センサ13のエミッタ電極9と放熱用ベース板7との間の電圧変化などによる静電誘導ノイズの影響を抑制することができ、電流センサ13の検出感度を向上させることができる。

【0105】実施の形態6. なお、上記実施の形態5で

は、電流センサ13を空芯のロコスキーコイルとしたが、前述の実施の形態3と同様にコイル巻線内に磁性体を有するCT形コイルとしてもよく、さらに、磁性体のギャップに介在されたホール素子により電流センサ13を構成してもよい。

【0106】図9は溝部11C内の電流センサ13を磁性体およびホール素子により構成したこの発明の実施の形態6を図式的に示しており、(a)は平面図、(b)は側断面図である。図10は図9内のホール素子を周辺回路とともに示すブロック図である。

【0107】図9において、11、11C、13および25は、前述と同様のものである。25Gは磁性体25にの少なくとも一部に設けられたギャップ、27はギャップ25G内に配設されたホール素子である。この場合、電流センサ13は、磁性体25およびホール素子27により構成されており、コイルは不要となる。

【0108】図10において、Hはホール素子27を貫通する磁界であり、配線電極11に流れる電流*i*の検出時に、磁性体11のギャップ11C間に発生する。28はホール素子27の入力側に接続された定電流電源であり、一定電流*i<sub>o</sub>*を供給する。

【0109】29はホール素子27の出力側に接続された増幅器であり、増幅器29を介して増幅された電流検出信号*i<sub>c</sub>*は、制御回路4（図15参照）側に伝達される。定電流電源28および増幅器29は、ホール素子27の入出力回路を構成している。

【0110】ここでは、ホール素子27に接続される具体的な入力線および出力線は、省略されている。また、図10の入出力回路を含むホール素子27の具体的な動作については、各種文献や電磁気学テキストなどに記載されているのでここでは詳述しない。

【0111】このように、電流センサ13としてホール素子27を用いた場合においても、従来のセンスチップによる電流検出方法に比べて、高精度な測定が可能となる。また、前述と同様に、IGBT1のエミッタ電極9（図8参照）の面上に電流センサ13が配置されるので、特別な絶縁対策が不要となる。

【0112】また、配線電極11の溝部11C内にホール素子27が配置されるので、配線電極11がシールドとして機能し、IGBT1のコレクタ・エミッタ間やベース板・エミッタ間の電圧変化などによるノイズの影響を防止することができる。さらに、前述（図3参照）のように、電流センサ13の出力線24をゲート配線側に配置すれば、スイッチングノイズの影響も防止することができる。

【0113】実施の形態7. なお、上記実施の形態5では、電流センサ13の出力線の具体的な構成について言及しなかったが、電流検出信号*i<sub>c</sub>*を出力するためのワイヤボンディング用パッドを、電流センサ13の出力端子に設けてもよい。

【0114】図11は電流センサ13の出力端子にワイヤボンディング用パッドを設けたこの発明の実施の形態7を示す平面図である。ここでは、電流センサ13がコイル形の場合を示しているが、ホール素子27（図9、図10参照）を用いた場合でも適用可能である。

【0115】図11において、前述（図3参照）と同様の構成要素については、同一符号を付して詳述を省略する。30は一对のワイヤボンディング用パッドであり、絶縁膜31を介して配線電極11上に設けられている。

【0116】各ワイヤボンディング用パッド30には、電流センサ13のコイルの両端がワイヤボンディングにより接続されている。絶縁膜31は、ワイヤボンディング用パッド30と配線電極11との間を絶縁している。

【0117】この場合、電流センサ13の出力信号は、配線電極11上のワイヤボンディング用パッド30とゲート基板22上の回路パターンP4との間をワイヤボンディングで接続することにより伝達される。したがって、ワイヤボンディング作業のみによってセンサ出力信号を導出することができ、パワー半導体モジュールの組立を容易にすることができる。

【0118】実施の形態8。なお、上記実施の形態1～7では、電流センサ13の出力回路の具体的な配置について言及しなかったが、電流センサ13が設けられた導電性部材すなわち配線電極11に出力回路を設けてもよい。

【0119】図12は配線電極11上に出力回路15を設けたこの発明の実施の形態8を示しており、（a）は平面図、（b）は側断面図である。ここでは、便宜的に、コイル形の電流センサ13を溝部11Cに収納した場合を示しているが、他の構成の電流センサ13を用いた場合でも同様に適用可能である。

【0120】図12において、前述と同様の構成要素については、同一符号を付して詳述を省略する。また、前述と同様なので、ここでは図示を省略するが、放熱用ベース板7（図3参照）上にはゲート基板22が設けられており、出力回路15からゲート基板22上の回路パターンP4には、ゲート用ワイヤ23が導出されているものとする。

【0121】この場合、電流センサ13の出力回路15は、配線電極11上の絶縁膜31に設けられており、ワイヤボンディング用パッド30は、出力回路15に設けられている。したがって、出力回路15およびワイヤボンディング用パッド30は、絶縁膜31を介して配線電極11から絶縁されている。

【0122】ここでは、出力回路15として、電流センサ13のコイルの両端間に接続された抵抗器16を用いた場合を示しているが、積分器（図示せず）などの他の回路構成を用いてもよい。

【0123】このように、配線電極11上に出力回路15を設けることにより、電流センサ13を小形化するこ

とができる。したがって、パワー半導体モジュールの組立時のアセンブリ作業を容易にすることができる。

【0124】実施の形態9。なお、上記実施の形態1～8では、配線電極11の接続対象を単一のIGBT1としたが、並列配置された複数のIGBTを接続対象としてもよい。一般に、並列接続されたIGBTは、主回路の電流が極めて大きい場合に対応するために用いられる。

【0125】図13は複数のIGBTを配線電極11の接続対象としたこの発明の実施の形態9を示す平面図であり、前述と同様の構成要素については、同一符号を付して詳述を省略する。

【0126】図13において、1A～1Cは互いに並列接続された複数のIGBTであり、並列回路からなる複数のパワー半導体チップを構成している。ここでは、3個のIGBT1A～1Cが並設されているが、任意数のIGBTが並設され得る。

【0127】各IGBT1A～1Cは、前述と同様に、パワー半導体モジュールのモジュールケース（図示せず）内に収納されている。複数のIGBT1A～1Cのうちの少なくとも1つのIGBT1Aには、磁性体25を含む電磁結合形の電流センサ13が設けられている。

【0128】また、電流センサ13を有するIGBT1A以外のパワー半導体チップ1Bおよび1Cには、電流センサ13の磁性体材料と同一材料の磁性体25が配置されている。

【0129】図13のように、並列接続されたIGBT1A～1Cの1つのIGBT1Aのみに磁性体25を有する電流センサ13を配置した場合に、仮に、他のIGBT1Bおよび1Cに磁性体25を設けないとすると、電流センサ13の磁性体25の挿入インピーダンスの影響により、並列接続されたIGBT1A～1Cの分流特性が悪化する場合がある。

【0130】したがって、このような分流のアンバランスの発生を避けるために、電流センサ13が設けられていないIGBT1Bおよび1Cに対して、電流センサ13の磁性体25と同様の磁性体25が配置されている。

【0131】もし、電流センサ13が磁性体25およびホール素子27（図9参照）により構成されている場合には、IGBT1Bおよび1Cに磁性体25のみを配設すればよい。

【0132】また、電流センサ13が磁性体25を含むCT形コイルにより構成されている場合には、IGBT1Bおよび1Cに磁性体25のみならず、電流センサ13と同様のコイルを配置し、さらに、コイル両端に電流センサ13の出力回路15と同様の抵抗器16を接続することが望ましい。

【0133】このように、電流センサ13が設けられていないIGBT1Bおよび1Cにも電流センサ13と同様の磁性体25を配設することにより、電流センサ13

の挿入インピーダンスの影響による分流アンバランスの発生を防止することができる。

【0134】実施の形態10. なお、上記実施の形態1～9では、ゲート基板22と制御回路4との間の具体的な接続構造について言及しなかったが、ゲート基板22上の回路パターンP3およびP4と制御回路4との間に導通用のピンを介在させてもよい。

【0135】図14はゲート基板上にピンを介して制御回路を配設したこの発明の実施の形態10を示す側断面図であり、前述(図3参照)と同様のものについては同一符号を付して詳述を省略する。また、電流センサ13としては、前述のように、ノイズ耐量の高いものが用いられている。

【0136】図14において、33は制御回路4とゲート基板22上の回路パターンP3とを導通する制御用ピンであり、制御回路4からのゲート制御信号を回路パターンP3およびゲート用ワイヤ23を介してIGBT1のゲート電極に導入する。また、ここでは省略されているが、制御用ピン33は、エミッタ電極9に接続されるグランド端子ピンを含む。

【0137】34は制御回路4とゲート基板22上の回路パターンP4とを導通する検出用ピンであり、出力線24および回路パターンP4を介して電流センサ13から入力される電流検出信号を制御回路4に導入する。

【0138】このように、各ピン33、34を介して制御回路4と回路パターンP3、P4とを導通することにより、制御回路4は、電流センサ13からの電流検出信号に応じてIGBT1のゲート電極を制御することができる。

【0139】たとえば、制御回路4は、電流センサ13から受信される電流検出信号のレベルを判別し、IGBT1に流れる電流が過電流を示す場合には、ゲート制御信号によりIGBT1をオフにして過電流を遮断するなどの処理を行う。

【0140】図14のように、ノイズ耐量の高い電流センサ13を使用するとともに、ノイズの影響を受けにくいゲート基板22側に制御回路4を配置することにより、高い精度でIGBT1の電流を測定することができるので、制御回路4により主回路電流に応じたIGBT1の制御を行う際に、非常に精度のよい過電流保護動作が可能となる。

【0141】なお、図14においては、制御回路4をゲート基板22の真上に配置し、各ピン33、34を介して両者を導通させたが、制御回路4がゲート基板22と同一平面上に配置される場合には、各ピン33、34に代えて、ワイヤボンディングにより導通させてもよい。

【0142】

【発明の効果】以上のようにこの発明の請求項1によれば、モジュールケース内にパワー半導体チップが収納されたパワー半導体モジュールにおいて、導電性樹脂を介

して電氣的に接続された複数の導電性部材と、導電性部材の少なくとも1つに設けられた電流センサと、電流センサの検出信号の出力レベルに応じて、パワー半導体チップのゲート電圧を制御する制御回路とを備えたので、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0143】また、この発明の請求項2によれば、請求項1において、電流センサは、トロイダル巻線からなるコイルを含み、コイルは、電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように環状に形成されたので、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0144】また、この発明の請求項3によれば、請求項2において、コイルの内部には、トロイダル巻線に沿って形成された環状の磁性体が配置されたので、電流検出レベルを高くすることができ、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0145】また、この発明の請求項4によれば、請求項3において、磁性体には、少なくとも1つのギャップが形成されたので、磁気飽和を抑制することができ、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0146】また、この発明の請求項5によれば、請求項1から請求項4までのいずれかにおいて、パワー半導体チップを載置するためのベース板と、ベース板に載置されたゲート基板とを備え、ゲート基板は、パワー半導体チップのゲート電極を制御回路に導出するための第1の回路パターンと、電流センサの出力線を制御回路に導出するための第2の回路パターンとを有するので、ノイズの影響を抑制することができ、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0147】また、この発明の請求項6によれば、請求項5において、パワー半導体チップを制御する制御回路は、ゲート基板上に配設されるとともに、制御用ピンを介して第1の回路パターンに導通され、検出用ピンを介して第2の回路パターンに導通され、第2の回路パターンを介して電流センサの検出信号を取り込み、第1の回路パターンを介してパワー半導体チップのゲート電極に制御信号を印加するので、ノイズの影響を抑制することができ、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0148】また、この発明の請求項7によれば、請求

10

20

30

40

50

項1において、電流センサは、少なくとも1つのギャップを有する環状の磁性体と、ギャップに配設されたホール素子とを含むので、電流検出レベルを高くすることができ、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0149】また、この発明の請求項8によれば、請求項1から請求項7までのいずれかにおいて、電流センサが設けられた導電性部材には、電流センサを保持するための位置決め部が設けられたので、組立性が向上するとともに、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0150】また、この発明の請求項9によれば、請求項8において、位置決め部は、電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように形成された環状のフランジ部により構成されたので、主回路との接続面積を拡大することができるとともに、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0151】また、この発明の請求項10によれば、請求項8において、位置決め部は、電流センサが設けられた導電性部材に流れる電流を囲むように形成された環状の溝部により構成されたので、溝部のシールド作用によりノイズの影響をさらに抑制することができ、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0152】また、この発明の請求項11によれば、請求項1から請求項10までのいずれかにおいて、電流センサが設けられた導電性部材には、絶縁膜を介してワイヤボンディング用パッドが設けられ、ワイヤボンディング用パッドには、電流センサの出力線がワイヤボンディングにより接続され、電流センサの検出信号は、出力線からワイヤボンディング用パッドを介して導出されるので、組立性が向上するとともに、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0153】また、この発明の請求項12によれば、請求項1から請求項11までのいずれかにおいて、電流センサが設けられた導電性部材には、電流センサの出力回路が設けられたので、組立性が向上するとともに小形化が実現し、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0154】また、この発明の請求項13によれば、請求項1から請求項12までのいずれかにおいて、電流センサが設けられた導電性部材は、導電性樹脂を介して、

パワー半導体チップのエミッタ電極に一体的に構成されたので、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0155】また、この発明の請求項14によれば、請求項1から請求項13までのいずれかにおいて、モジュールケースは、並列回路からなる複数個のパワー半導体チップを収納しており、複数個のパワー半導体チップのうちの少なくとも1つには、磁性体を含む電磁結合形の電流センサが設けられ、電流センサが設けられたパワー半導体チップ以外のパワー半導体チップには、電流センサの磁性体と同一の材料からなる磁性体が配置されたので、センサ挿入インピーダンスによるパワー半導体チップ間の不平衡を解消することができ、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【0156】また、この発明の請求項15によれば、請求項1から請求項14までのいずれかにおいて、パワー半導体チップは、IGBTチップにより構成されたので、電流検出精度が高く、ノイズや設置スペースの問題が生じることのない電流センサを備えたパワー半導体モジュールが得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1の主要部を示す側断面図である。

【図2】 この発明の実施の形態1による電流センサの回路構成を示す平面図および側断面図である。

【図3】 この発明の実施の形態2の主要部を示す側断面図である。

【図4】 この発明の実施の形態3による電流センサの回路構成を示す側断面図である。

【図5】 この発明の実施の形態3による電流センサの周辺構成を示す側断面図である。

【図6】 この発明の実施の形態4による位置決め部を示す側断面図である。

【図7】 この発明の実施の形態4によるフランジ部を示す側断面図である。

【図8】 この発明の実施の形態5による溝部を備えた主要部を示す側断面図である。

【図9】 この発明の実施の形態6によるホール素子の周辺構成を示す平面図および側断面図である。

【図10】 この発明の実施の形態6によるホール素子の周辺の回路構成を示すブロック図である。

【図11】 この発明の実施の形態7による電流センサの周辺構成を示す平面図である。

【図12】 この発明の実施の形態8による電流センサの周辺構成を示す平面図および側断面図である。

【図13】 この発明の実施の形態9の主要部を示す平面図である。

21

【図14】 この発明の実施の形態10の主要部を示す側断面図である。

【図15】 従来のパワー半導体モジュールを簡略的に示す回路ブロック図である。

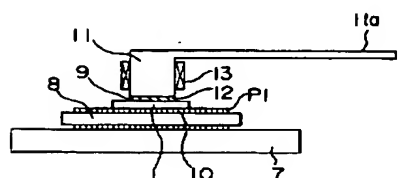
【符号の説明】

1、1A～1C IGBT（パワー半導体チップ）、4 制御回路、7 放熱用ベース板、8 絶縁基板、9 エミッタ電極（導電性部材）、10 コレクタ電極、11 配線電極（導電性部材）、11A 段部（位置決め\*

22

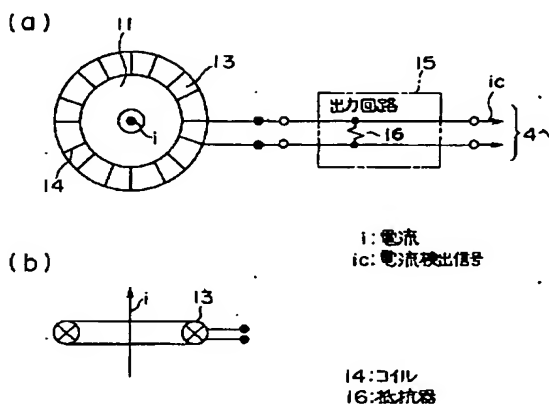
\*部）、11Bフランジ部、11C 溝部、12 導電性樹脂、13 電流センサ、14 コイル、15 出力回路、16 抵抗器、22 ゲート基板、23 ゲート用ワイヤ、24 出力線、25 磁性体、25G ギャップ、27 ホール素子、30ワイヤボンディング用パッド、31 絶縁膜、33 制御用ピン、34 検出用ピン、H ホール素子を貫通する磁界、 $i$  電流、 $i_c$  電流検出信号、P1コレクタパターン、P3 第1の回路パターン、P4 第2の回路パターン。

【図1】



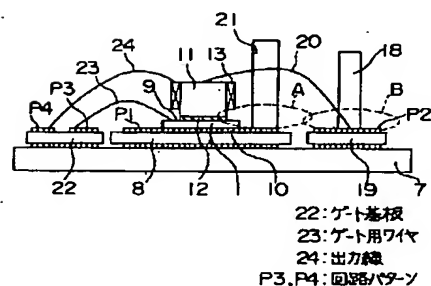
1: IGBT  
7: 放熱用ベース板  
8: 絶縁基板  
9: エミッタ電極  
10: コレクタ電極  
11: 配線電極  
12: 導電性樹脂  
13: 電流センサ  
P1: コレクタパターン

【図2】



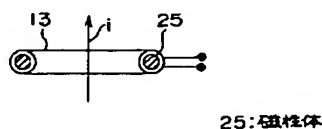
1: 電流  
 $i_c$ : 電流検出信号  
14: コイル  
16: 抵抗器

【図3】



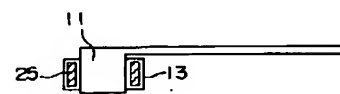
22: ゲート基板  
23: ゲート用ワイヤ  
24: 出力線  
P3, P4: 回路パターン

【図4】

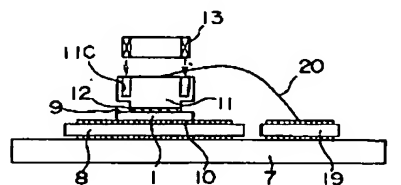


25: 磁性体

【図5】

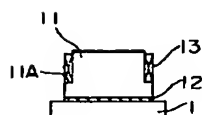


【図8】



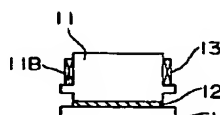
11C: 溝部

【図6】



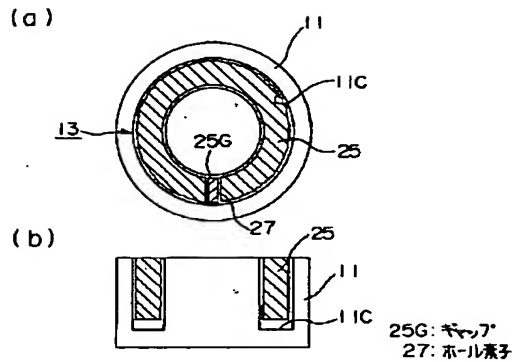
11A: 段部

【図7】

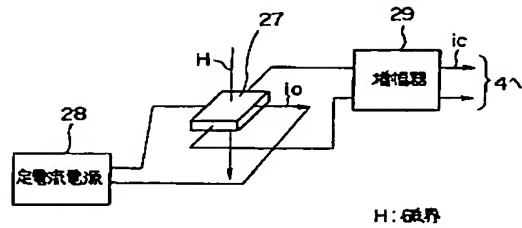


11B: フランジ部

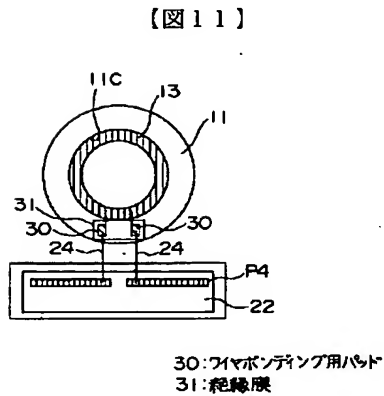
【図9】



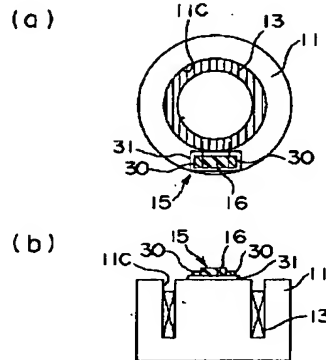
【図10】



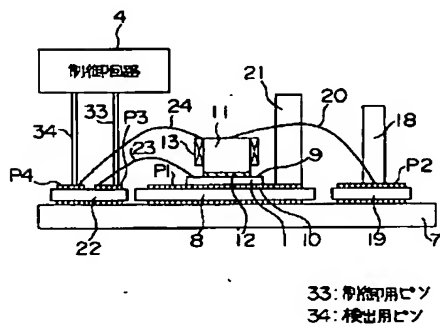
【図11】



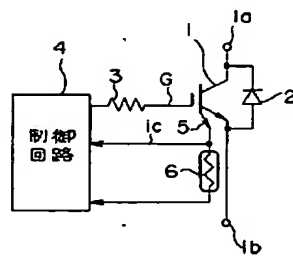
【図12】



【図14】



【図15】



IA~IC: IGBT

フロントページの続き

(72)発明者 菊永 敏之  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 高橋 貢  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 木ノ内 伸一  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72)発明者 堀口 剛司  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 碓井 修  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72)発明者 奥田 達也  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
Fターム(参考) 2G025 AA01 AA05 AA07 AB02 AB14  
2G035 AA16 AA27 AC00 AD00 AD18  
AD56 AD66